

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月31日

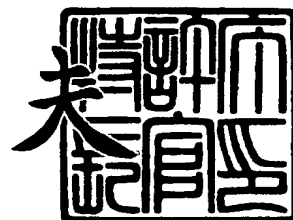
出願番号
Application Number: 特願2003-372885
[ST. 10/C]: [JP2003-372885]

出願人
Applicant(s): 株式会社日立製作所
株式会社日立エルジーデータストレージ

2004年 1月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3110337

【書類名】 特許願
【整理番号】 H301078
【提出日】 平成15年10月31日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 20/10
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社 日立製作
 所 研究開発本部内
 【氏名】 峯邑 浩行
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社 日立製作
 所 研究開発本部内
 【氏名】 向尾 将樹
【特許出願人】
 【識別番号】 000005108
 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所
【特許出願人】
 【識別番号】 501009849
 【氏名又は名称】 株式会社 日立エルジーデータストレージ
【代理人】
 【識別番号】 100091096
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 平木 祐輔
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 015244
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

連続するN時刻の再生信号レベルと目標信号レベルとを比較しながら最も確からしい状態遷移を選択していくことにより前記再生信号を2値化するPRML法を用いた情報再生方法において、

少なくともベリファイ時と再生リトライ時とで異なる目標信号レベルを用いることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載の情報再生方法において、

前記ベリファイ時に用いる目標信号レベルは固定の目標値に補正量を加算したものであり、

前記連続するN時刻に対応するビット列のうち、0と1を交換したものが等しくなるビット列同士、及び第1のビット列と当該第1のビット列を時間方向に反転したものに相当する第2のビット列に対して前記補正量として同じ値を用い、

かつ、前記補正量は再生信号のアシンメトリ量、もしくは上下エンベロープ・レベルと前記固定目標との差に予め定めた比例係数を乗じた値として求めることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 3】

請求項 2 記載の情報再生方法において、最短マーク長が2Tのとき4個の独立した補正量を用いることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 4】

請求項 2 記載の情報再生方法において、最短マーク長が2Tのとき3個の独立した補正量を用いることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 5】

請求項 1 記載の情報再生方法において、前記ベリファイ時に用いる目標信号レベルは固定の目標値に補正量を加算したものであり、連続するN時刻に対応するビット列のうち、第1のビット列と当該第1のビット列を時間方向に反転したものに相当する第2のビット列に対して、前記補正量として同じ値を用いることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 6】

請求項 1 記載の情報再生方法において、前記ベリファイ時に用いる目標信号レベルは固定の目標値に補正量を加算したものであり、目標PRレベルの目標値が等しい複数のビット列に対して、前記補正量として同じ値を用いることを特徴とする情報再生方法。

【請求項 7】

アシンメトリ補正目標テーブルと、

補正目標テーブルと、

前記アシンメトリ補正目標テーブルと補正目標テーブルのうちの一方を選択する選択手段と、

選択されたテーブルに基づいて信号補正する手段とを含むことを特徴とする情報再生装置。

【請求項 8】

請求項 7 記載の情報再生装置において、

波形等化処理が施された再生信号が入力され、連続するN時刻のビット列毎に前記選択されたテーブルの値との誤差の2乗値を算出する誤差検出ユニットと、

前記誤差検出回路の出力が入力され、最も確からしいビット列を選択して2値化結果を出力する最小誤差条件選択ユニットと、

前記最小誤差条件選択ユニットから出力された2値化結果からビット列を再合成して各信号レベル毎に加算平均し、結果を前記補正目標テーブルに保存するレベル平均化ユニットとを備えることを特徴とする情報再生装置。

【請求項 9】

請求項 7 記載の情報再生装置において、前記再生信号のアシンメトリ量を検出するアシ

ンメトリ検出ユニット又は前記再生信号のエンベロープを検出するエンベロープ検出ユニットを有し、前記アシンメトリ補正目標テーブルは、前記アシンメトリ量検出ユニットによって検出されたアシンメトリ量又はエンベロープ検出ユニットによって検出されたエンベロープに基づいて定められた目標レベルを格納することを特徴とする情報再生装置。

【請求項 1 0】

請求項 8 記載の情報再生装置において、前記レベル平均化ユニットの演算結果に対して互いに時間反転の関係にあるビット列同士の前記補正量を同一にする処理を行う時間反転対称化ユニットを有し、前記時間反転対称化ユニットの処理結果を前記アシンメトリ補正テーブルに格納することを特徴とする情報再生装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】情報再生方法及び情報再生装置

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、交換可能な光ディスクを用いた情報記憶装置に関し、光ディスクの高速化、大容量化、及び多種の光ディスクの再生互換性の向上を実現する情報再生方法及び情報再生装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光ディスクはCD、DVDが普及し、青色レーザを用いた次世代光ディスクの開発も進んでおり、さらなる大容量化が求められ続けている。また、1台の光ディスク装置でCDを再生するだけでなく、CDとDVDの再生、CD-R/RW、DVD-RAM、DVD-R/RWの記録機能をもったものが製品化されており、複数の規格の光ディスクに対して記録/再生を行う互換性能の向上も必要である。

【0 0 0 3】

PRML(Partial Response Maximum Likelihood)法は、S/N比の改善効果が秀逸であるため磁気ディスクの大容量化手段として広く普及している。PRML法は連続するN時刻の再生信号と目標信号を比較しながら、最も確からしいビット列に2値化するものである。光ディスクの再生方法としては、古くからダイレクト・スライス法が用いられて来たが、高速化、大容量化には限界が見えている。このため光ディスクの再生手段としてもPRML法が応用されつつある。

【0 0 0 4】

PRML法を光ディスクの再生手段に応用する上での問題点は2つある。問題点の1つ目はアシンメトリである。PRMLの目標信号は指定したインパルス・レスポンス(PRクラス)とビット列の畳み込みによって算出されるため、中心値に対して電圧レベルが上下対称になる。一方、光ディスクでは、例えば記録パワーを大きくしてアシンメトリを大きくすると、同時に信号振幅自体も大きくなりS/N比が向上する。このため、光ディスクではアシンメトリ >0 において信号品質が最良になることが一般的である。マークの幅よりも再生ヘッド幅の方が狭い磁気ディスクではこうした現象は発生しない。光ディスクの再生信号レベルは電圧レベルに対して非対称になるため、PRMLの目標信号と一致させることが困難である。

【0 0 0 5】

問題点の2つ目は再生互換性の保証である。従来の光ディスクでは、ダイレクト・スライス法による再生に基づいており、クロック点でのエッジ揺らぎであるジッタ値として信号品質が定義されていた。同時にダイレクト・スライス法では、スライスレベルの制御方法も例えばDFB(Duty Feed-Back)法等を使うように規定されていた。DFB回路が上に述べたアシンメトリに対応して自動補正を実施するので、アシンメトリに依存しないジッタ値を測定することができた。

【0 0 0 6】

PRML法の光ディスクへの応用例として、Technical Digest of ISOM 2002, 269-271(2002) (非特許文献1)では、半径方向及び周方向のディスク傾きの発生に対して、目標信号レベルを適応的に変化させながら再生する方法(適応型PRML)が示されている。図2は非特許文献1の構成を模式的に示したものである。PRMLデコーダ部分は誤差算出ユニット12、最小誤差条件選択ユニット13、補正目標テーブル16、レベル平均化ユニット17から構成される。再生信号50は予めADコンバータによりディジタル値に変換された後、波形等化処理が施されたものである。誤差算出ユニット12内で補正目標テーブル16の値と、再生信号の値の2乗値(ブランチ・メトリック値)を算出し、最小誤差条件選択ユニット13では、最も確からしいビット列を選択して2値化結果51を出力する。レベル平均化ユニット17は2値化結果51から、ビット列を再合成して、各信号レベルを加算平均し、結果を補正目標テーブル16に保存する。

【0007】

【非特許文献1】 Technical Digest of ISOM 2002, 269-271(2002)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図2の方法は、全ての目標信号レベルを再生信号に追従して補正するので、上の問題点1のアシンメトリの発生に対応できる優れた方法である。しかしながら、あるマークがシフトしているような場合（ジッタ値大でNG）でも、再生信号の歪に合わせて目標を補正してしまうので、エラーは発生せず、良好な信号品質であると誤判定することがある。従って、問題点2の再生互換の保証ができずに、光ディスクシステムとして成立させることが困難である。このように、アシンメトリへの対応と再生互換性の保証が従来のPRML法の問題点である。

【0009】

本発明の目的は、上記従来技術における問題点を解決し、アシンメトリに対応して良好な再生性能を確保しつつ、同時に再生互換性能を損なうことがないような、情報再生方法及びそれを用いた光ディスク装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

ここでは、具体的に光ディスクの再生信号のアシンメトリとPRML法の関係について述べる。図3は、光ディスクの再生信号の考察に用いたシミュレーション・モデルである。基本的には、スカラー回折計算を行う光学シミュレータを用いて、光ヘッドのステップ・レスポンスを算出し、これと記録する信号コードとを畳み込み積分によって重ね合わせて、再生信号を得る。ディスク・ノイズに関しては、信号コードにS/N比としてノイズ分を重畳し、システム・ノイズに関しては、畳み込み後の信号に加算する。これによって、ヘッドの収差、ディスク・ノイズ、システム・ノイズを独立に考慮した擬似信号を生成することができる。

【0011】

図4は、上のシミュレーション・モデルにより生成した次世代DVDの再生信号を計算してまとめたものである。ここでは、光源の波長=405nm、対物レンズ開口数=0.85、ウィンドウ幅Tw=75nm、変調コード=RLL(1,7)とし、実測結果に基づいて、ディスク・ノイズとシステム・ノイズをそれぞれ、-26dB、-30dBとした。アシンメトリに関しては、全てのマークが基準値から Δ Markだけ、一律に長くなるものとして扱っている。PRクラスはPR(1,2,2,1)とした。RLL制限を満たすビット列の個数は10である。波形等化処理に関しては、Tap数を11として、良く知られているLSE(Least Square Error)法を用いて等化学習した結果を用いた。スライスレベルの制御方法については、磁気ディスク装置で一般的に用いるHPF(High Pass Filter)方式と、上に述べた光ディスクで一般的なDFB方式の2つについて計算した。 Δ Mark=-0.8Tw, -0.4Tw, 0Tw, +0.4Tw, +0.8Twに対して、アシンメトリ量はそれぞれ、-20%, -10%, 0%, +10%, +20%である。アシンメトリ $\neq 0$ の場合には、PRクラスの目標信号レベルと、再生信号のレベルが一致しなくなる。

【0012】

全てのマークが基準値から Δ Markだけ一律に長くなるという前提に従えば、対称性から10個のビット列が以下の4つのグループに分けられる。それぞれのビット列グループはPRクラスの目標信号レベルとの差が同じ値である。ここで、対称性とはビット列に対して、時間反転とレベル反転に対する対称性である。

- (a) ビット列(0,0,0,0) と (1,1,1,1) …4Tのピークレベル ($\Delta 4$)
- (b) ビット列(0,1,1,1), (1,1,1,0), (0,0,0,1), 及び(1,0,0,0) …3Tのピークレベル ($\Delta 3$)
- (c) ビット列(0,1,1,0) と (1,0,0,1) …2Tのピークレベル ($\Delta 2$)
- (d) ビット列(0,0,1,1) と (1,1,0,0) …エッジのレベル (ΔE)

【0013】

この関係の制限を、非特許文献1に応用することによって、アシンメトリに対応しつつ

、特定のマークがシフトしているような歪んだ再生信号に対して、目標を補正することができるので、再生互換性を改善することができる。

【0014】

ここで、一般の光ディスクでは、マーク部の反射率が低いので、マークを“1”、スペースを“0”と定義すると、PRクラスは(-1,-2,-2,-1)とする定義の方が自然である。この場合、例えばビット列(0,0,0,0)は4Tスペースのレベルで、目標電圧レベルは最大となる。無用な混乱を避けるため、以下、本発明ではPRクラスを表現する場合にPR(-1,-2,-2,-1)とはせずに、慣例に沿ってPR(1,2,2,1)と表現する。

【0015】

図5は、トラック・ピッチ $0.32\mu\text{m}$ の相変化記録膜を用いたライト・ワンス・ディスクを使って、記録パワーを変えながら、PRクラスの各ビット列に対応する再生信号のレベルの変化量を測定してまとめた結果である。図中のプロットは実測値、直線は上のシミュレーション結果である。変化量=0とは、PRクラスの目標レベルと再生信号が一致することを示す。再生はどちらもHPFを用いて行った。アシンメトリ量としては、CD-R/DVD-Rで広く用いられている β 値を測定した。上の4つのビット列グループについて、実測とシミュレーション結果はよく一致していることがわかる。これは、記録パワーを大きくすることによって、全てのマークの長さ変化が一律であるという前提が正しいことを示している。各々の信号レベルの変化量は、アシンメトリ量と比例関係にある。

【0016】

図6は、各々の目標レベルの変化を模式的に表した図である。アシンメトリ=0の目標レベルは基本となるPR(1,2,2,1)クラスの目標値を示している。アシンメトリ $\neq 0$ の場合には、10個の目標レベルがそれぞれ変化するが、対称性から変化量として $\Delta 4$ 、 $\Delta 3$ 、 $\Delta 2$ 、 ΔE の4つの変化量に集約でき、それらはアシンメトリに比例する。HPFを用いて再生する場合には、4つの変化量には次式の関係がある。

$$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta 2 : \Delta E = 1 : 0.05 : -0.91 : 0.52$$

【0017】

この結果を利用することによって、以下の2つの方法によって、再生信号の目標レベルを定めることができる。

- (1) 再生信号のアシンメトリ量を測定し、図5の関係を用いて目標レベルを定める。
- (2) 再生信号の上下エンベロープを測定して $\Delta 4$ 値を求め、上の比率を使って、その他の目標値を求める。

【0018】

非特許文献1に示した適応型PRMLでは、アシンメトリだけでなく再生信号の歪みにも適応して、目標レベルが変化するため、再生互換性に課題があったが、これに、各々の目標レベルの間にアシンメトリに対応した関係の制限を課すことによって、アシンメトリに追従するが、再生信号の歪みには追従しないPRML再生方法を提供でき、再生互換性を保証することが可能になる。

【0019】

以下は、変調コードが現行のDVD(CDも同じ)に用いられるRLL(1,10)符号の場合について、同様の検討をした結果である。

【0020】

図7は、シミュレーション・モデルによりDVDの再生信号を計算してまとめたものである。ここでは、光源の波長=660nm、対物レンズ開口数=0.60、ウィンドウ幅 $T_w=140\text{nm}$ 、変調コード=RLL(2,10)とし、実測結果に基づいて、ディスク・ノイズとシステム・ノイズをそれぞれ、-23dB、-34dBとした。PRクラスはPR(3,4,4,3)とした。RLL制限を満たすビット列の個数は8である。波形等化処理に関しては、Tap数を11として、LSE法を用いて等化学習した結果を用いた。スライスレベルの制御方法については、HPF方式と、DFB方式の2つについて計算した。 $\Delta \text{Mark} = -0.8T_w, -0.4T_w, 0T_w, +0.4T_w, +0.8T_w$ に対して、アシンメトリ量はそれぞれ、-14%、-7%、0%、+7%、+14%である。アシンメトリ $\neq 0$ の場合には、PRクラスの目標信号レベルと、再生信号のレベルが一致しなくなる。

【0021】

全てのマークが基準値から ΔMark だけ一律に長くなるという前提に従えば、対称性から8個のビット列が以下の3つのグループに分けられる。それぞれのビット列グループはPRクラスの目標信号レベルとの差が同じ値である。

- (a) ビット列(0,0,0,0) と (1,1,1,1) ...4Tのピークレベル ($\Delta 4$)
- (b) ビット列(0,1,1,1), (1,1,1,0), (0,0,0,1), 及び(1,0,0,0) ...3Tのピークレベル ($\Delta 3$)
- (c) ビット列(0,0,1,1)と(1,1,0,0) ...エッジのレベル (ΔE)

【0022】

図8は、各ビット列グループの目標レベルの変化量をまとめた結果である。再生にはHPFを用いた。前述の次世代DVDと同様に、各々の信号レベルの変化量はアシンメトリ量と比例関係にある。

【0023】

図9は、各々の目標レベルの変化を模式的に表した図である。図中のプロットは、市販のDVD-RAMディスクの2倍速での実測結果をまとめたものである。アシンメトリ=0の目標レベルは基本となるPR(3,4,4,3)クラスの目標値を示している。アシンメトリ $\neq 0$ の場合には、8個の目標レベルがそれぞれ変化するが、対称性から変化量として $\Delta 4$ 、 $\Delta 3$ 、 ΔE の3つの変化量に集約でき、それらはアシンメトリに比例する。HPFを用いて再生する場合には3つの変化量には次式の関係がある。

【0024】

$$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta E = 1 : -0.15 : -0.31$$

この結果を利用することによって、次世代DVDの例と同様に以下の2つの方法によって、再生信号の目標レベルを定めることができる。

- (1) 再生信号のアシンメトリ量を測定し、図9の関係を用いて目標レベルを定める。
- (2) 再生信号の上下エンベロープを測定して $\Delta 4$ 値を求め、上の比率を使って、その他の目標値を求める。

【0025】

以上によって、DVD/CDに用いられるRLL(2,10)変調の場合にも、同様の関係が得られた。これにより、適応型PRMLでは、各々の目標レベルの間にアシンメトリに対応した関係の制限を課すことができ、アシンメトリに追従しつつ、再生互換性を保証するPRML方式を提供することができる。ここに示した目標レベルの制限とは、ビット列に対して、時間反転とレベル反転に対する対称化の制限に相当する。

【発明の効果】**【0026】**

本発明によると、アシンメトリに対応して再生能力を向上すると同時に、再生互換性を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0027】**

以下、本発明を実施例によって詳細に説明する。

【0028】

図10は、次世代DVD及びDVDについて、アシンメトリ量または、信号のエンベロープ値から各目標レベルを定めるための方法をまとめたものである。これらは前述の ΔMark が一律に変化するという前提に基づいて算出したものである。ここでは、スライスレベル補正については、HPF方式とDFB方式の2方式について示した。また、アシンメトリ量については、所謂アシンメトリ量 α 値と、ドライブ装置で測定しやすい β 値について示した。

【0029】

図1は本発明の情報再生方法のブロック図を示す実施例である。PRMLデコード部分は誤差算出ユニット12、最小誤差条件選択ユニット13、アシンメトリ補正目標テーブル15、補正目標テーブル16、レベル平均化ユニット17、エンベロープ／アシンメトリ検出ユニット19から構成される。再生信号50は予めADコンバータによりデジタル値に変換された後、波形等化処理が施されたものであり、誤差算出ユニット12内でビット列ごとに目標値との

誤差の2乗値（ブランチ・メトリック値）が算出される。このとき目標値として、アシンメトリ補正目標テーブル15、もしくは補正目標テーブル16を参照する。最小誤差条件選択ユニット13では、1時刻前の状態及び各状態におけるメトリック値（ステートの遷移にともないブランチ・メトリック値を逐次加算して、かつ発散しないように処理したもの）に各ビット列に対応したブランチ・メトリック値を加える。このとき、現在の時刻のステートに至る遷移過程（通常は2つ、ランレングス制限により1つの場合もある）の中から、メトリック値の小さい方を選択する処理を行う。ステートとは1時刻の遷移に対して保存するビット列のことで、例えばPRクラスビットが4の場合には、ビット列が4ビット、ステートが3ビットで表される。図には示さないが、最小誤差条件選択ユニット13で選択した結果は、パス・メモリに逐次保存され、十分に長い時刻経過した後に、内容がマージされて、2値化結果51を取り出すことができる。レベル平均化ユニット17は、2値化結果51から、ビット列を再合成し信号レベルごとに加算平均して、結果を補正目標テーブル16に保存する。

【0030】

エンベロープ／アシンメトリ検出ユニット19では、再生信号のエンベロープ、またはアシンメトリ量を測定し、図10の係数を用いて各目標レベルを定める。こうした構成によって、(1)再生信号品質検証のためのベリファイ処理時、(2)記録条件調整時、(3)フォーカス・オフセットやチルトの調整時には、アシンメトリ補正目標テーブル15を用いて、アシンメトリ量のみを補償してデコード処理を行う。一方、(1)再生エラーが発生した場合、(2)再生信号品質が悪いと判定した場合には、補正目標テーブル16を用いて、再生マージンを広げた状態でデコード処理を行う。これらの切り替えによって、再生互換性の保証と広い再生マージンを両立することができる。なお、図1には、2つのテーブル15、16をスイッチによって切り替えるように図示したが、これは切り替えという概念をスイッチによって表現しただけであり、2つのデータテーブルから必要なデータを選択的に取り出せるような構成であればスイッチを用いる必要はない。

【0031】

本発明の別の効果として、目標レベルの安定性の向上がある。図2に示した非特許文献1の構成及び図1の構成において、レベル平均化ユニット17は2値化結果51に基づいて、目標レベルを算出する機構である。補正目標テーブルの初期値が適正なものでなかった場合や、アクセス直後のように、PLL（Phase Locked Loop）クロックが安定化する前の状態では、2値化結果51は誤った結果となり、これに基づいて更新される目標レベルも誤ったものになり、正しいデコード結果は得られない。一方、エンベロープ／アシンメトリ検出ユニット19は、2値化結果51に依存せずに目標レベルを定めることができるので、補正目標テーブルの初期値やPLLクロックが安定度に依存せずに、適正な目標値を定めることができ、安定性を向上することができる。

【0032】

図11は、本発明の情報再生方法のブロック図を示す別の実施例である。図1に示した方法は、目標レベルに対して、時間反転とレベル反転に対する対称性の制限を加え、かつ各目標レベルをアシンメトリ量に比例して定めることができる。これには、以下の3つの前提に基づいている。

- (1) 再生信号がPRクラスに対して、適正に等化されていること。
- (2) スライスレベルの制御手段に残留する電圧オフセットが十分に小さいこと。
- (3) AGC（Automatic Gain Controller）が良好な精度で機能し、再生信号の振幅と目標レベルの振幅の誤差が小さいこと。

【0033】

実際の光ディスク装置では、ディスクの位置によって、記録ドライブが違うことによって信号振幅に差が生じたり、ディスク媒体の基板厚のバラツキやチルトによって、分解能が変化する場合がある。また、回路方式によって、スライスレベルのオフセットがゼロにならない場合もある。このような場合には、図10にまとめた関係を課すことによって、再生信号のエラー率が大きくなる可能性がある。

【0034】

これを改善するためには、目標レベルに対して、課した時間反転とレベル反転に対する対称性の制限を緩和し、時間反転に対する対称性のみを課する方法が有効である。レベル反転に対する対称性の制限をなくすことで、上に示した(2)スライスレベルのオフセットと(3)AGCの動作誤差を完全に許容することができる。また、(1)等化条件についても、各レベル間の比例係数を一定値から、再生信号に応じた値にすることによって、緩和することができる。これは図2に示した非特許文献1の構成に対して、目標レベルに時間反転の対称性の制限を課すことに等しい。時間反転に対する対称性の制限を課すことによって、特定のマークがシフトした場合には、対応しないので、再生互換性を確保することができる。

【0035】

図11において、時間反転対称化ユニット18は、レベル平均化ユニット17の算出結果に対して、時間反転に対する対称化処理をするものである。PR(1,2,2,1)を例にするとレベルの変化量は、以下の7つのレベルに集約される。これは、PR(1,2,2,1)の目標レベルが等しい場合には、補正目標も等しくするということと同じ意味である。

- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| (a) ビット列(0,0,0,0) | …4Tスペースレベル ($\Delta 4S$) |
| (b) ビット列(1,1,1,1) | …4Tマークレベル ($\Delta 4M$) |
| (c) ビット列(0,0,0,1)と(1,0,0,0) | …3Tスペースレベル ($\Delta 3S$) |
| (d) ビット列(0,1,1,1)と(1,1,1,0) | …3Tマークレベル ($\Delta 3M$) |
| (e) ビット列(1,0,0,1) | …2Tスペースレベル ($\Delta 2S$) |
| (f) ビット列(0,1,1,0) | …2Tマークレベル ($\Delta 2M$) |
| (d) ビット列(0,0,1,1)と(1,1,0,0) | …エッジのレベル (ΔE) |

【0036】

時間反転対称化ユニット18の出力はアシンメトリ補正目標テーブル15に格納される。図において、時間反転対称化ユニット18以外の各部の機能は図1の実施例と同じである。

【0037】

以上の実施例では、便宜上、アシンメトリ補正目標テーブル15と補正目標テーブル16を別のものとして説明した。実用化に際しては、回路規模の縮小化のために、これらを同一のメモリ素子で共通利用することも簡単である。この場合には、目標テーブルの切り替えの代わりに、目標値の生成部（レベル平均化ユニット17とエンベロープ／アシンメトリ検出ユニット19、もしくは時間反転対称化ユニット18）のON/OFF選択を切り替えればよい。

【0038】

以下、本発明の効果を実測結果に基づいて説明する。先ず、アシンメトリ補正による再生性能の向上について述べる。図12は、前述の次世代DVDの実験から記録パワーとビットエラー率及びRMSエラー量の関係をまとめたものである。ここでディスク媒体としてトラック・ピッチ0.32 μ mの相変化記録膜を用いたライト・ワンス・ディスクを使った。光源の波長=405nm、対物レンズ開口数=0.85、ウィンドウ幅Tw=75nm、変調コード=RLL(1,7)であり、記録／再生の速度は200Mbps、スライスレベルの制御手段としてHPFを使った。ここで、RMSエラーとは再生信号と目標レベルとのRMS誤差量である。Miss-Equalizationと呼ばれる場合もある。

【0039】

図12(a)は目標値補正のない基本的なPRMLの結果、図12(b)は図1の実施例に示した方法の結果、図12(c)は図11の実施例に示した方式の結果、図12(d)は図2に示した非特許文献1の方式の結果をそれぞれ示す。図12(a)の基本PRML方式の場合には、RMSエラー量の最小条件よりも、ビットエラー率の最小条件が高パワー側にシフトしている。前者はアシンメトリ量がゼロ付近で最小となる。両者のずれは光ディスクの信号品質がアシンメトリ>0の条件で最良になることを示している。一方、図12(b)(c)(d)では、ビットエラー率のパワーマージンが拡大しており、これは記録パワーの変化に対するRMSエラー量の増加が小さくなっていることによる。これらは、アシンメトリ補正によって再生性能が向上したことを示している。

【0040】

次に、再生互換性能の改善効果について述べる。図13はマークシフトと再生ビットエラー率の関係を示す。図13(a)は上に述べた、次世代DVDの実験において、2Tマークの記録パルスの発光位置を時間方向にウィンドウ幅 T_w の50%までシフトさせながら、記録／再生してビットエラー率を測定した結果である。記録パワーはアシンメトリがゼロになるように選択した。ここで、本発明の補正方式-1(図1の方式)と補正方式-2(図11の方式)については、アシンメトリ補正機能を持たない基本PRML方式とはほぼ同じように2Tマークの記録シフト量 $0.3T_w$ でECCの訂正能力限界のビットエラー率 10^{-4} を超える。これに対して、補正方式-3(図2に示した非特許文献1の方式)では、マークシフトに対しても目標補正が作用するために、2Tマークの記録シフト量 $0.4T_w$ になってやっとビットエラー率 10^{-4} を超える。例えば、記録シフト $0.35T_w$ の場合を考えると、補正方式-3ではベリファイを実施するとビットエラー率が 10^{-6} 以下なので、信号品質は良好と判断してしまうが、基本PRML方式を用いたドライブではECCの訂正能力を超えて再生エラーになってしまう。従って、再生互換が成立しない。一方、本発明の補正方式-1及び補正方式-2では、マークシフトに対しても目標値補正が追従しないように制限を課しているため、これらで、ベリファイして良好と判断したものは、基本PRML方式のドライブでも再生可能である。

【0041】

図13(b)は、市販のDVD-RAMディスクを使った実験結果である。上と同様に、本発明の補正方式-1、補正方式-2でベリファイして良好と判断したものは、基本PRML方式のドライブでも再生可能である。しかしながら、3Tマークの記録シフト量が $0.35T_w$ の場合には、非特許文献1の方法(補正方法-3)でベリファイできても、他のドライブでは再生エラーとなる。

【0042】

従来、光ディスクのベリファイの基準として、例えば「ECC訂正能力の50%まで修正が必要なものはNGと判断する」というような基準が一般的である。ところが、目標レベルを補正する方式のPRMLでは、その補正の仕方によって、ECCの訂正能力を超えるような範囲でビットエラー率が変化してしまう。従って、アシンメトリに対応することによって、再生能力を向上させて、かつ再生互換性を確保するためには、本発明に示した目標レベルの制限が必須である。

【0043】

図14は、本発明の効果をまとめたものである。本発明を用いればアシンメトリに対応しつつ、再生互換性を確保できる。また前述のように、記録条件調整やフォーカス・オフセット調整に関しても、本発明によって、再生互換性を損なう再生信号の歪に対応しない目標レベルを使えるので、良好な調整を実施することができる。

【0044】

図15は、本発明の情報再生装置の別の実施例を示す図である。図15(a)において、目標値レジスタ21は前述のアシンメトリ補正目標テーブル15と補正目標テーブル16の機能を兼ねるものである。目標値制御ユニット22は前述のレベル平均化ユニットと時間反転対称化ユニットの機能を統合したものである。デコード154は2値化結果51を処理して、使用される符号とフォーマットに応じて、データの復号、ECC(Error Correction Code)復号処理、アドレス検出等を行う。インターフェース152はホストコンピュータとのデータのやりとりを司る。目標値メモリ153には、アシンメトリ目標テーブルと補正目標テーブルの各テーブル値の他に、標準テーブル値やリトライ用テーブル等が保存される。

【0045】

こうした構成において、CPU151は、各ブロックに動作指示を行う。前述のアシンメトリ補正目標テーブルと補正目標テーブルの切り替え機能に関しては、CPU151が目標値メモリ153に保存されたテーブル値から適宜選択して、目標値レジスタ21にデータを設定することで、等価な機能を実現している。こうした構成によって、レジスタ構成を簡略化するとともに、目標値設定について標準テーブル値(例えばPR(1,2,2,1))に対応するテーブル値)、リトライ用テーブル値(再生リトライ時に成功したテーブル値)をも加えた自由度の高

い再生システムを構築することができる。

【0046】

各テーブル値の選択に関しては、図15(b)に示すように、再生モードによって適宜切り替えることが好ましい。

【0047】

以下のモード(1)(2)(3)では、歪のない目標が必要なのでアシンメトリ補正目標を使う。また、以下のモード(4)の場合には、最大限の再生能力を必要とするので、制限なしの補正目標テーブルを使う。

(1)装置出荷時の調整：出荷時にヘッド送り機構やスピンドルモータ等のチルトを調整する場合。

(2)学習時：ディスク媒体がローディングされた場合等に、フォーカス・オフセット、レンズ・チルト、等化器やローパス・フィルターの周波数特性、記録パワー・パルス条件の学習を実施する場合。

(3)ベリファイ時：DVD-RAM等のリード・アフター・ライト、もしくはDVD-R/RW等の書き込み終了後の再生チェックの場合。

(4)再生リトライ時：媒体欠陥や指紋等の影響によって再生エラーが発生した場合のリトライ時。

【0048】

さて、通常の再生時には、再生エラーが発生しない限り目標テーブルを切り替える必要がない。切り替えには、レジスタ値の書き換え時間のオーバーヘッドが必要になる。そこで、学習後であればアシンメトリ補正目標をそのまま使い、再生リトライの後であれば制限なしの補正目標テーブルをそのまま使うことが効率的である。

【0049】

目標値制御ユニット22の動作はCPU151で制御される。CPU151はデコーダ154のECC訂正バイト数等の情報を監視し、訂正バイト数が規定値を超えた(再生エラーではないが、エラーの危険性が高くなった)場合に、目標値制御ユニット22に目標値の更新学習処理をするように指示を送り、訂正バイト数が規定値を下回れば、安定状態にあると判断して、目標値の更新学習処理を停止するように指示を送るのがよい。

【0050】

図16は、本発明の光ディスク装置の構成の一例を示すものである。光ディスク媒体10はモータ162により回転される。光ヘッド130は光発生手段131、集光手段132、光検出手段133から構成され、サーボメカ制御手段160内の自動位置制御手段161によって光ディスク媒体100の半径方向の任意の位置決めされる。光強度制御手段171は中央制御手段151から指令された光強度になるように光発生手段131を制御して光121を発生させる。光122は集光手段132によって集光され光スポット101を光ディスク媒体100上に形成する。集光手段132は自動位置制御手段161によってフォーカス動作とトラッキング動作を行う。光スポット101からの反射光123は光検出手段133で電気信号に変換され再生信号130となる。

【0051】

再生手段190は、再生信号130を用いて、光ディスク媒体上に記録されたコード情報やアドレス情報などを再生する。上に示した本発明の情報再生方法を実現する機能は再生手段190に内蔵される。これには図1と図11に示したブロック図の構成を実装した回路を用いればよい。

【0052】

本発明の実施例において、PLL (Phase Locked Loop) 及びクロック、ヘッドアンプ等の記述をしていない。これは説明の簡略化のためであり、装置を動作させるためにクロック等が必要であることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】 本発明による情報再生装置の一例を示す概略ブロック図。

【図2】 非特許文献1の構成を模式的示した図。

- 【図3】 光ディスクの再生信号の考察に用いたシミュレーション・モデルを示す図。
【図4】 シミュレーション・モデルにより次世代DVDの再生信号を計算した結果を示す図。
【図5】 次世代DVDのアシンメトリと目標値の変化を測定した実験結果を示す図。
【図6】 次世代DVDの各々の目標レベルの変化を模式的に表した図。
【図7】 シミュレーション・モデルによりDVDの再生信号を計算した結果を示す図。
【図8】 DVDのアシンメトリと目標値の変化を測定した実験結果を示す図。
【図9】 DVDの各々の目標レベルの変化を模式的に表した図。
【図10】 次世代DVD及びDVDについて、アシンメトリ量または信号のエンベロップ値から各目標レベルを定める方法をまとめた図。
【図11】 本発明の情報再生装置の別の例を示すブロック図。
【図12】 本発明による次世代DVDの記録パワーとビットエラー率及びRMSエラー量の関係をまとめた図。
【図13】 マークシフトと再生ビットエラー率の関係を示す実験結果をまとめた図。
【図14】 本発明の効果をまとめた図。
【図15】 本発明の情報再生装置の別の例を示す図。
【図16】 本発明の光ディスク装置の構成例を示す図。

【符号の説明】

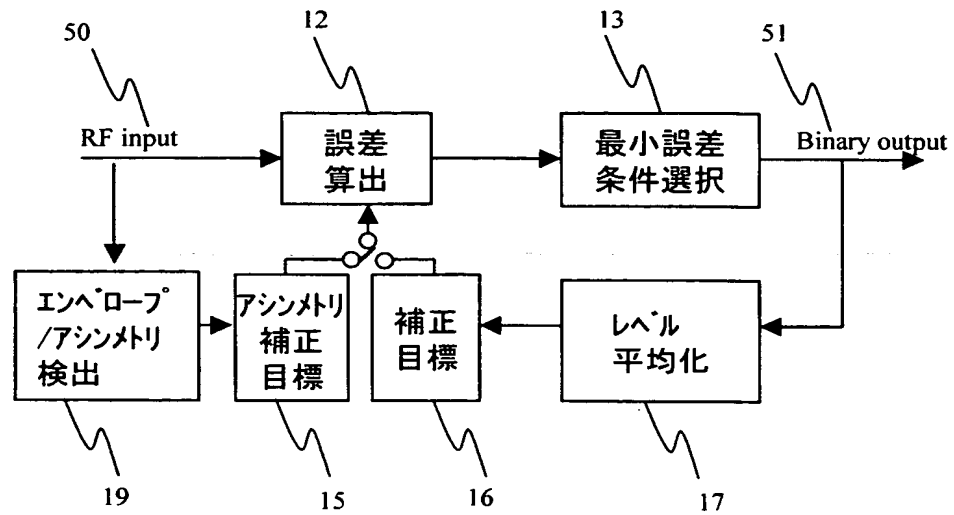
【0054】

- 12 誤差算出ユニット
- 13 最小誤差条件選択ユニット
- 15 アシンメトリ補正目標テーブル
- 16 補正目標テーブル
- 17 レベル平均化ユニット
- 18 時間反転対称化ユニット
- 19 エンベロップ／アシンメトリ検出ユニット
- 50 再生信号
- 51 2値化結果
- 100 光ディスク媒体
- 101 光スポット
- 122 光
- 123 反射光
- 130 光ヘッド
- 131 光発生手段
- 132 集光手段
- 151 中央制御手段
- 160 サーボメカ制御手段
- 161 自動位置制御手段
- 162 モータ光ディスク媒体
- 171 光強度制御手段
- 190 再生手段

【書類名】 図面

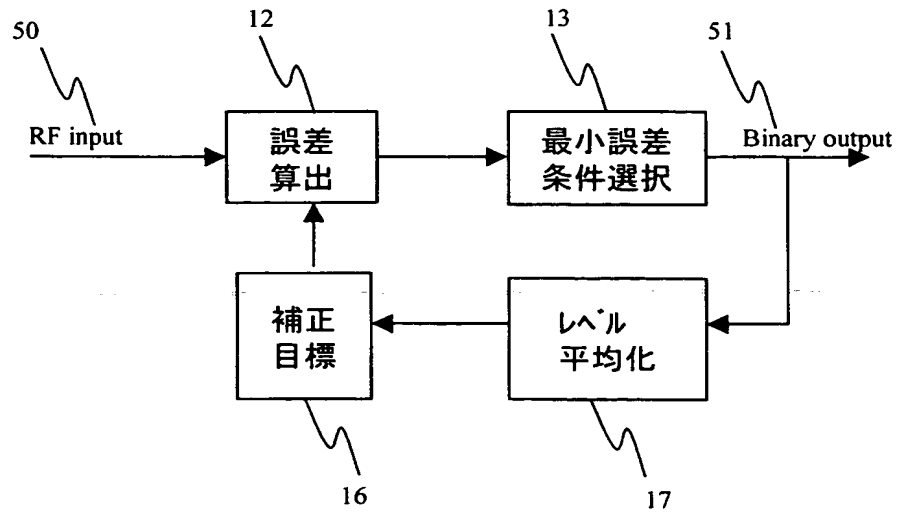
【図 1】

図 1



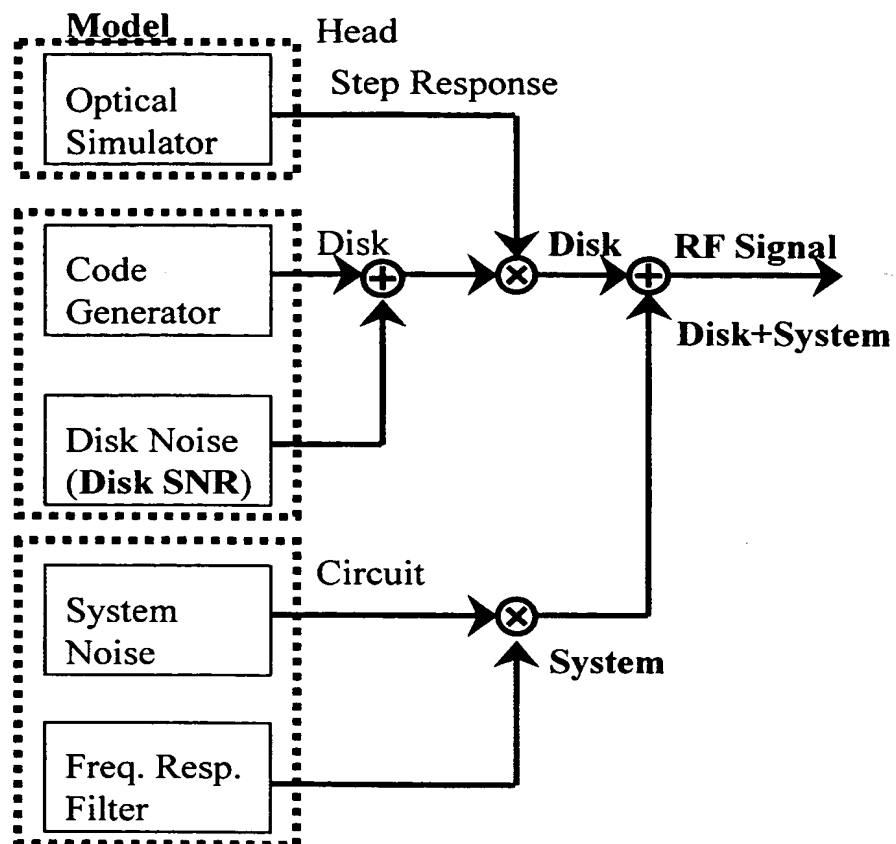
【図 2】

図 2



【図 3】

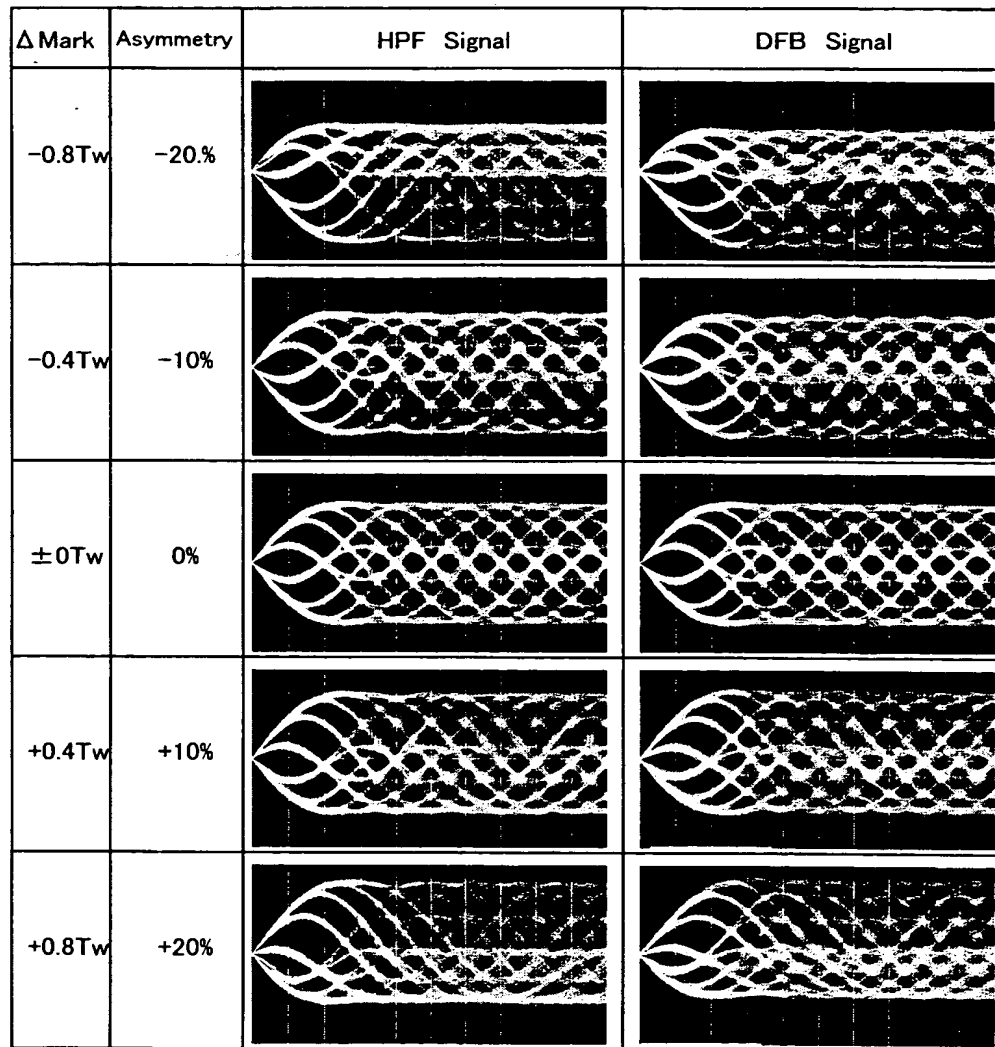
図 3



【図 4】

図 4

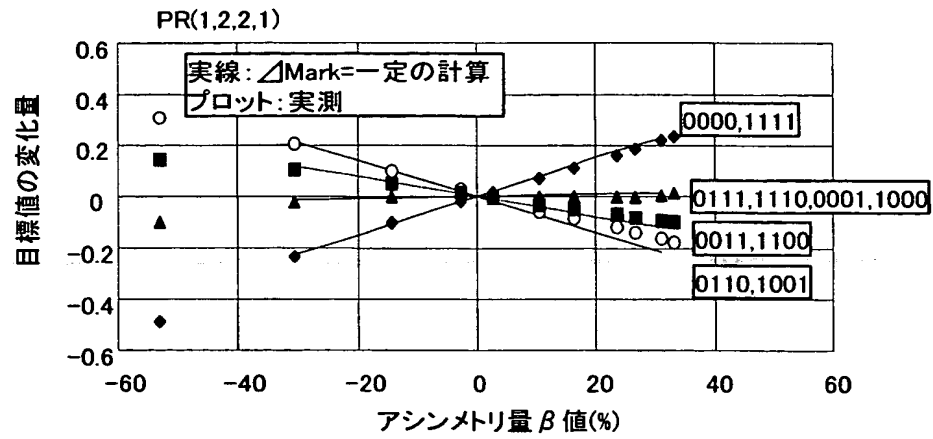
Signals of RLL(1,7)



Simulation Condition
Wavelength = 405nm
Numerical Appertuer = 0.85
Tw = 75nm
Modulation Code = RLL(1,7)
PRClass = PR(1,2,2,1)
EQ = 11Tap (Optimized by LSE method)

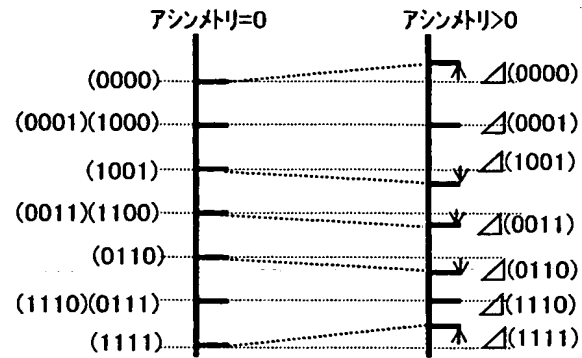
【図 5】

図5



【図 6】

図 6



実験と計算から見つけたルール

(1) 対称性から7個(ビットアレイ数=10)のレベルを4個のレベルに代表できる

$$\Delta 4 = (\Delta(0000) + \Delta(1111)) / 2$$

$$\Delta 3 = (\Delta(0001) + \Delta(1000) + \Delta(1110) + \Delta(0111)) / 4$$

$$\Delta 2 = (\Delta(1001) + \Delta(0110)) / 2$$

$$\Delta E = (\Delta(0011) + \Delta(1100)) / 2$$

(2) 上の4個のレベルには比例関係がある

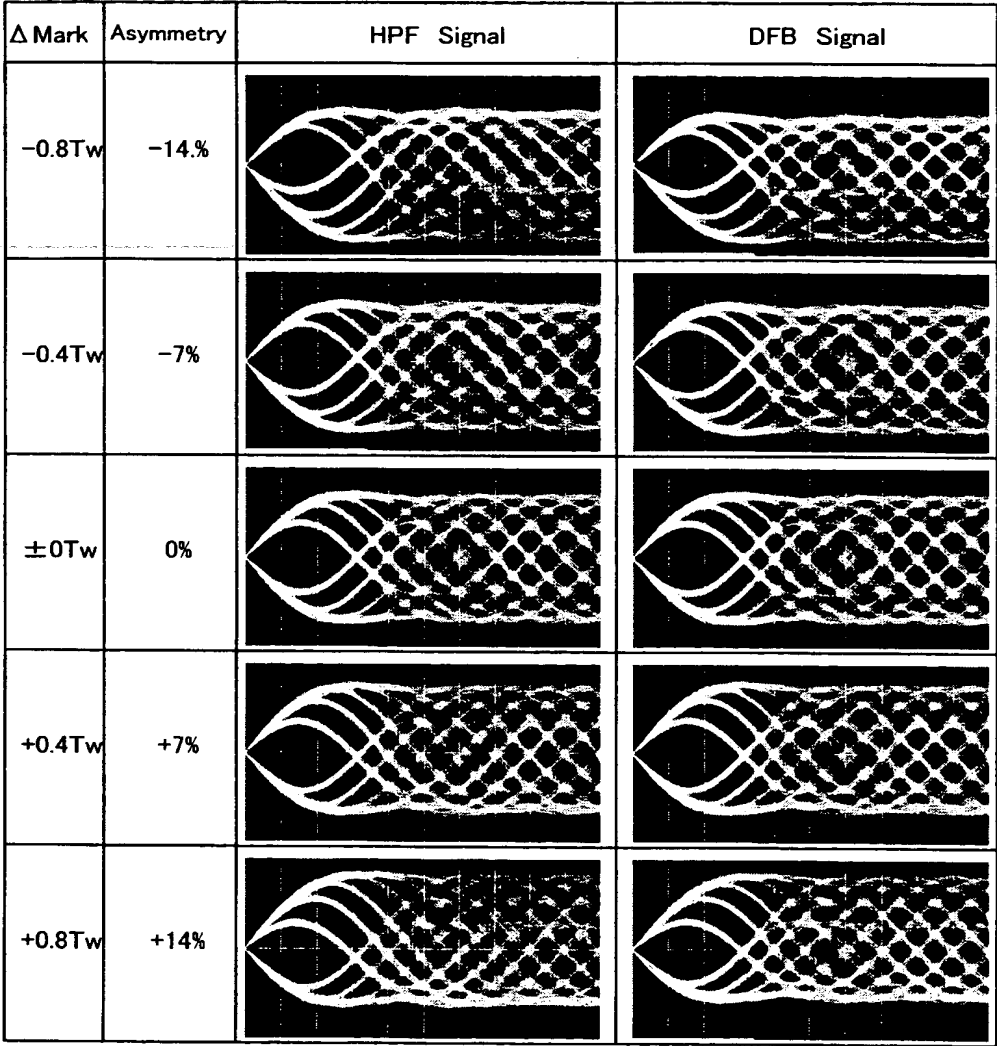
$$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta 2 : \Delta E = 1 : 0.05 : -0.91 : 0.52$$

再生信号のエンベロープ($\Delta 4$)または、アシンメトリ量だけで、適正な目標レベルを定めることにより、課題を解決できる。

【図 7】

図 7

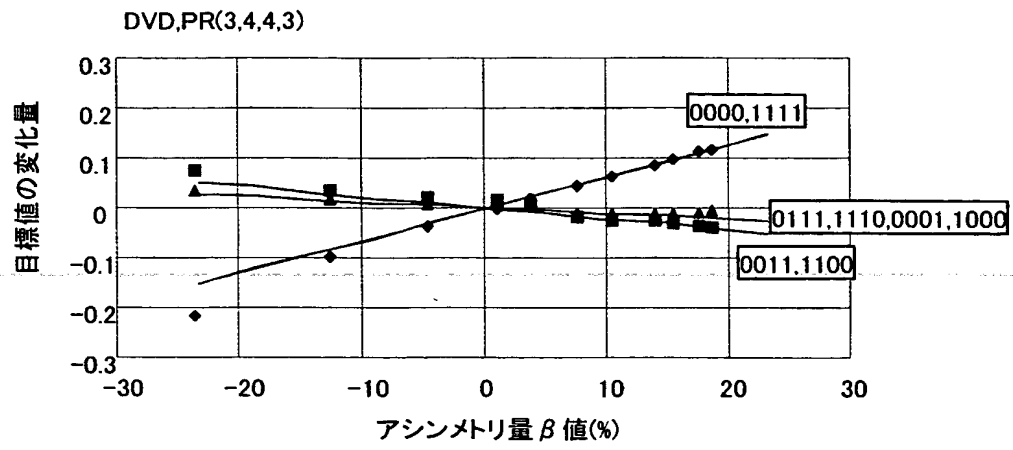
Signals of RLL(2,10)



Simulation Condition
Wavelength = 650nm
Numerical Appertuer = 0.60
Tw = 133nm
Modulation Code = RLL(2,7)
PRClass = PR(3,4,4,3)
EQ = 11Tap (Optimized by LSE method)

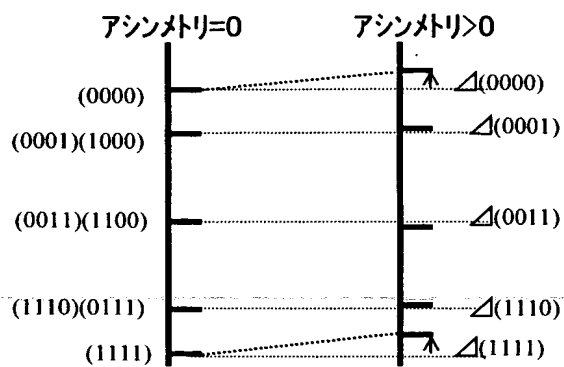
【図 8】

図 8



【図 9】

図 9



DVDのルール

(1) 対称性から8個のレベルを3個のレベルに代表できる

$$\Delta 4 = (\Delta(0000) + \Delta(1111))/2$$

$$\Delta 3 = (\Delta(0001) + \Delta(1000) + \Delta(1110) + \Delta(0111))/4$$

$$\Delta E = (\Delta(0011) + \Delta(1100))/2$$

(2) 上の3個のレベルには比例関係がある

$$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta E = 1 : -0.15 : -0.31$$

【図 1 0】

図 10

Modulation Code	PRClass(*)	HPF Only (**)	DFB(Duty FeedBack) (**) Slice Control
RLL(1,7) BD	PR(1,2,2,1)	$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta 2 : \Delta E =$ $1 : 0.05 : -0.91 : 0.52$ $\Delta 4 = 0.009 \alpha$ or $\Delta 4 = 0.007 \beta$	$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta 2 : \Delta E =$ $1 : 0.36 : -0.29 : -0.04$ $\Delta 4 = 0.015 \alpha$ or $\Delta 4 = 0.011 \beta$
RLL(2,10) DVD	PR(3,4,4,3)	$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta E =$ $1 : -0.15 : -0.31$ $\Delta 4 = 0.0087 \alpha$ or $\Delta 4 = 0.0064 \beta$	$\Delta 4 : \Delta 3 : \Delta E =$ $1 : 0.11 : -0.01$ $\Delta 4 = 0.010 \alpha$ or $\Delta 4 = 0.008 \beta$

(*)PR target level normalization

Target levels are normalized for ± 1 .(Target level of (0000) and (1111) are ± 1)

(**)Level definitions

$$\Delta 4 = (\Delta(0000) + \Delta(1111))/2$$

$$\Delta 3 = (\Delta(0001) + \Delta(1000) + \Delta(1110) + \Delta(0111))/4$$

$$\Delta 2 = (\Delta(1001) + \Delta(0110))/2$$

$$\Delta E = (\Delta(0011) + \Delta(1100))/2$$

where,

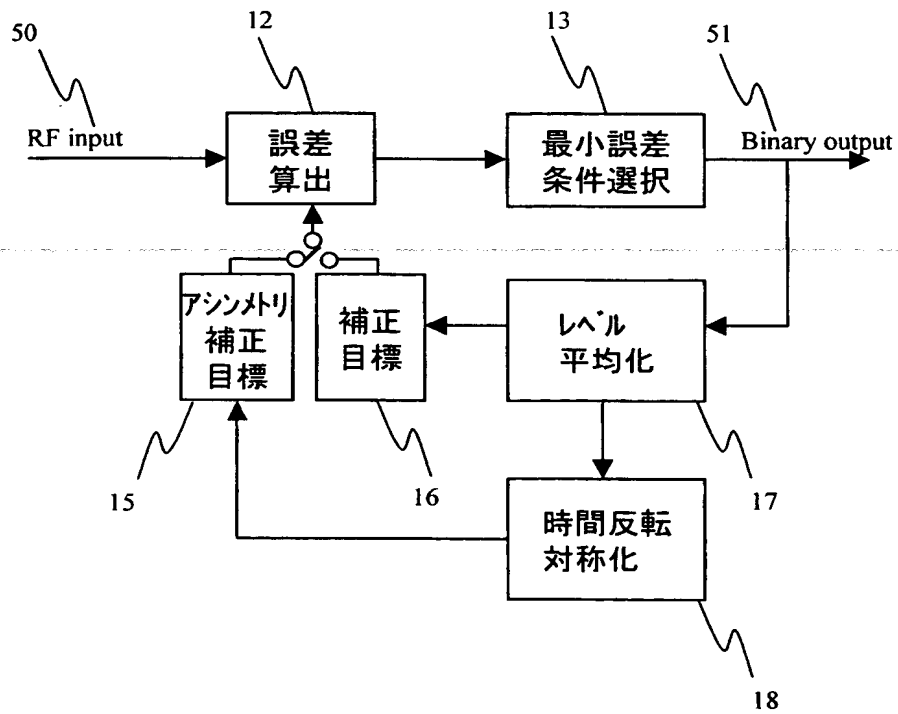
 $\Delta 4$ can be measured by envelope detection circuit,

or

can be calculated from α (signal asymmetry in %) and β (β value in %)

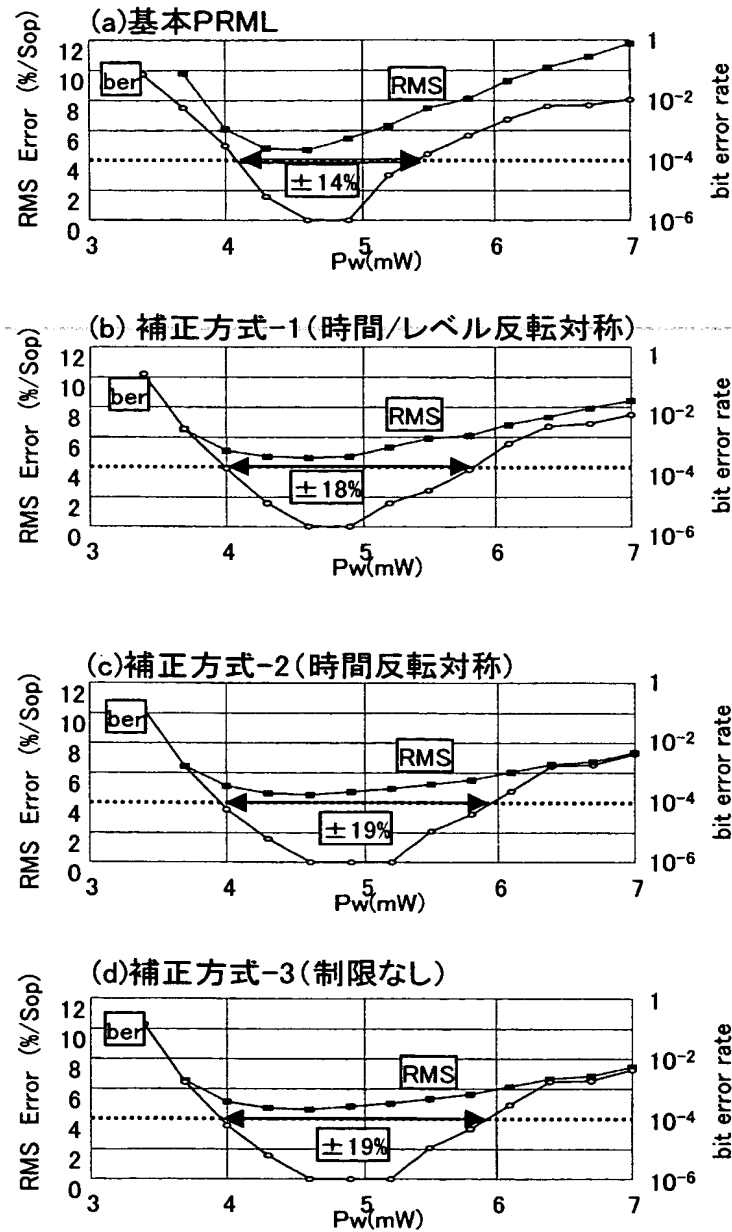
【図 11】

図 11



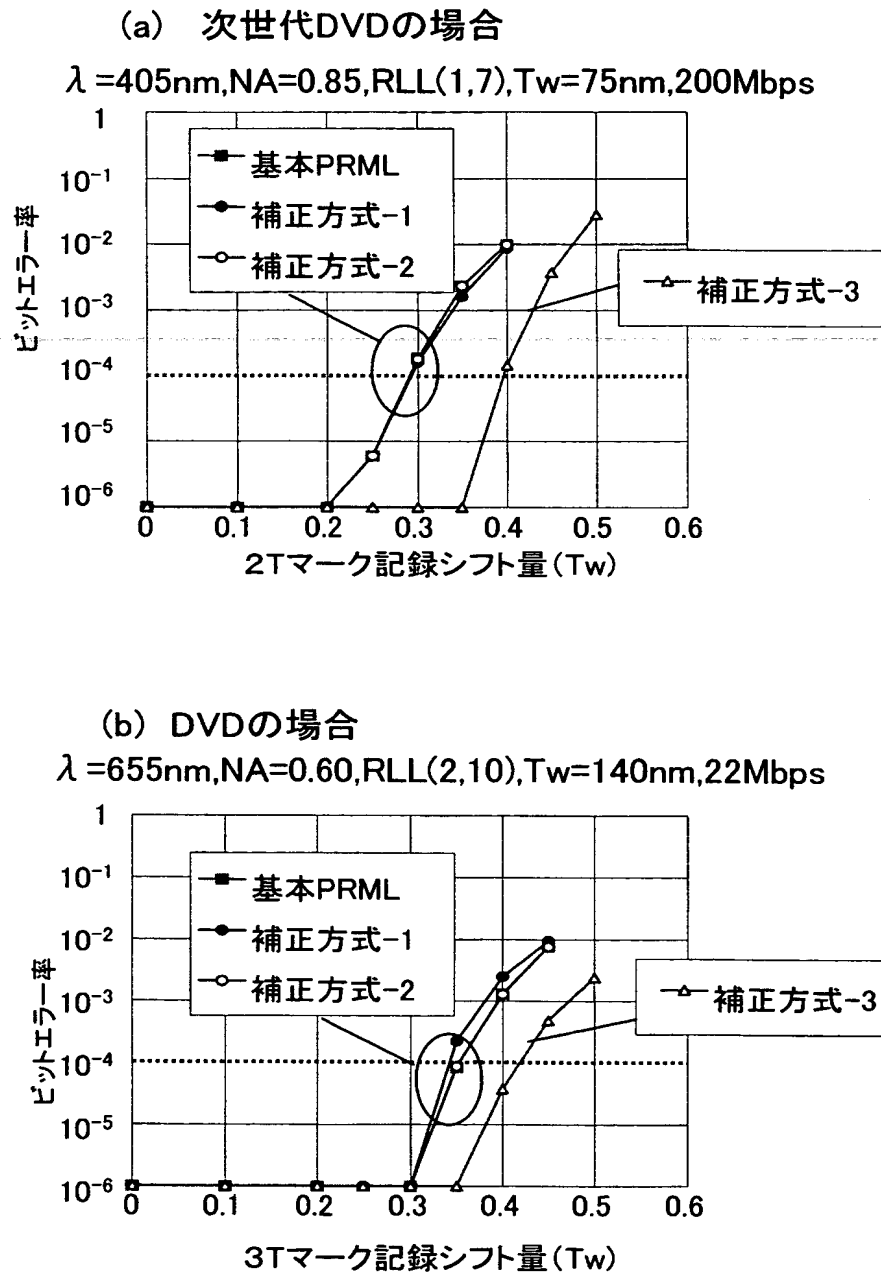
【図 12】

図12



【図13】

図13



【図 1 4】

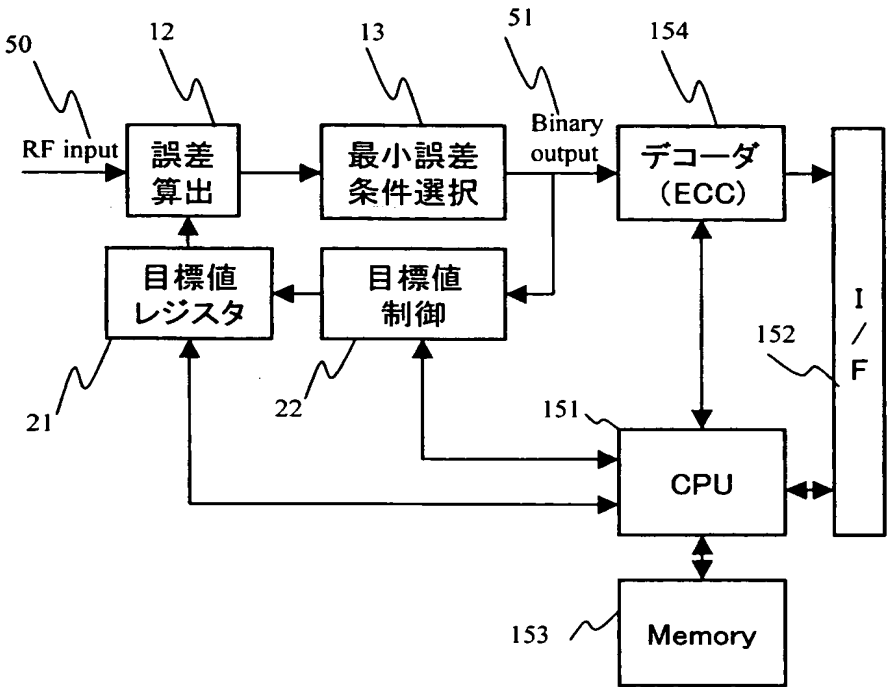
図 1 4

項目	基本PRML	適応型PRML	本発明
目標レベル	固定	再生信号に 応じて変化	アシンメトリに 対応して変化
アシンメトリ対応	×	○	○
記録条件調整	×	△	○
再生互換	△	×	○

【図 15】

図15

(a)

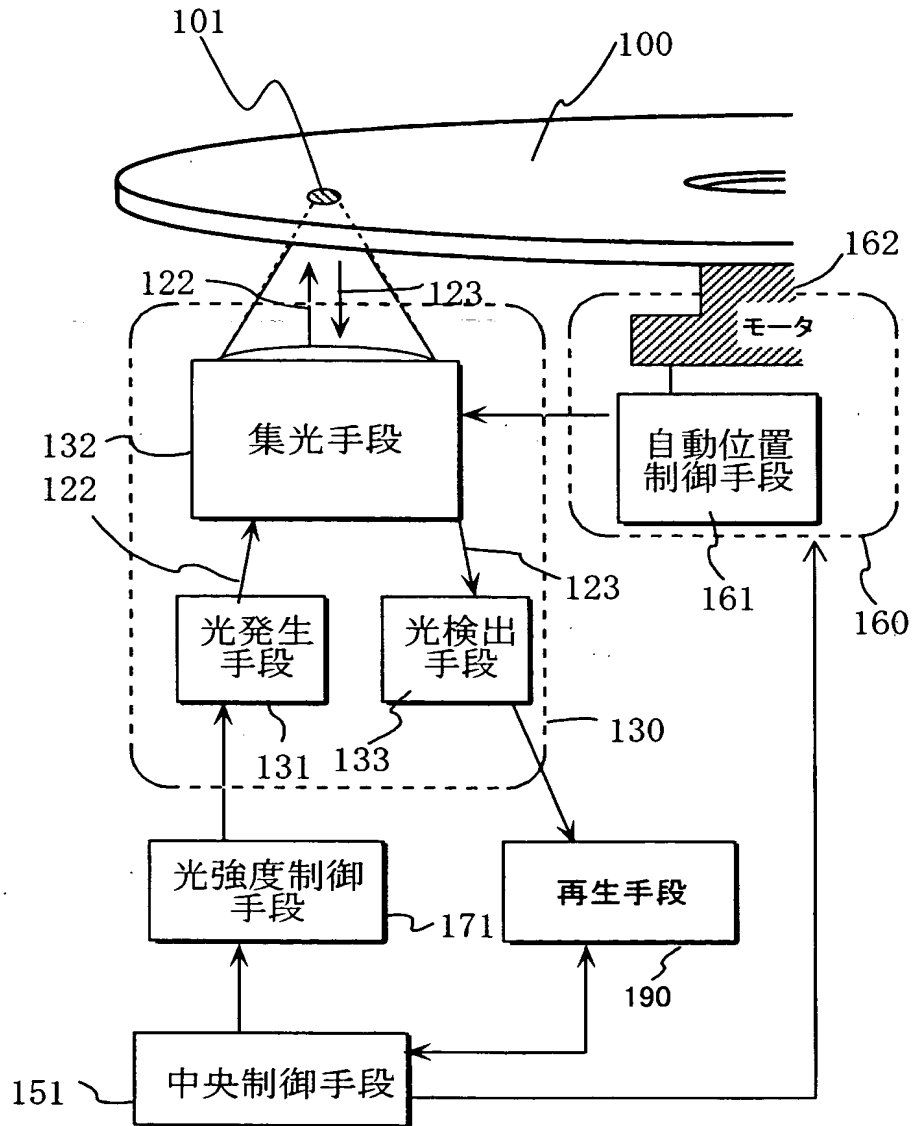


(b)

モード	アシンメトリ補正目標	補正目標(制限なし)
出荷調整時	○	×
学習時	○	×
ペリファイ時	○	×
再生時	○	○
再生リトライ時	×	○

【図 16】

図 16



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アシンメトリへの対応と再生互換性の確保を両立するPRML法を用いた情報再生方法を提供する。

【解決手段】 アシンメトリ量を補正するため、基本的に目標レベルを再生信号に適応させる方式を基本として、各目標レベルの間に、(1)時間反転及びレベル反転に対する対称性、もしくは(2)時間反転に対する対称性のいずれかの制限を課す。これによって、再生互換性を損なうマークシフト等の再生信号の歪に追従することなく、アシンメトリに対応できる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 7 2 8 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名

株式会社日立製作所

特願 2 0 0 3 - 3 7 2 8 8 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 0 0 9 8 4 9]

1. 変更年月日

2 0 0 0 年 1 2 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門一丁目 2 6 番 5 号

氏 名

株式会社日立エルジーデータストレージ

2. 変更年月日

2 0 0 3 年 3 月 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区海岸三丁目 2 2 番 2 3 号

氏 名

株式会社日立エルジーデータストレージ